

Einfluss unterschiedlicher Abdecksysteme auf Sickerwasser und Gashaushalt von Altablagerungen

B. WIMMER, R. NEUGSCHWANDTNER, J. RIESING und Th.G. REICHENAUER

Abstract

In a lysimeter facility 4 different top cover systems of old landfills were tested how they influence the amount of seepage water and the emission of landfill gases. Each of the 4 lysimeter chamber was filled with 1.5 m of 20 year old municipal solid waste. The waste body of 2 chambers were covered with different depths of substrate layers (0.5 m and 1 m). The third chamber was sealed with a compacted clay layer and covered with 0.5 m of substrate. For the fourth chamber the waste material was mixed intensively with clay for inertisation and covered with 0.5 m of substrate. Alfalfa and 4 popular trees per chamber were planted. As expected the chamber with the evaporation layer of only 0.5 m showed the highest amount of seepage water. The cumulative amount of seepage water is lowest in the chamber sealed with the compacted clay layer. After one year the roots of alfalfa penetrated into the waste body causing a slight desiccation of the waste. The formation of landfill gas in the chambers was causing different redox conditions and thus determined the appearance of different nitrogen compounds in the seepage water.

Zusammenfassung

Im Altlastenlysimeter der ARC Seibersdorf research GmbH werden 4 verschiedene Oberflächenabdeckungssysteme für Altablagerungen getestet, um deren Wirksamkeit auf die Reduktion von Sickerwasser und Methanbildung zu erfassen. Die Varianten unterscheiden sich einerseits durch die Mächtigkeit der aufgebrachten Rekultivierungsschicht (0,5 m und 1 m). Bei der dritten Variante wurde unter der Rekultivierungsschicht (0,5 m) eine mineralische Dichtschicht in die Lysimeterkammer eingebracht. Für die vierte Variante wurde für die Untersuchung verwendete ca. 20 Jahre

alte Hausmüll mit Tonschlamm inertisiert und verdichtet eingebaut. Alle 4 Varianten wurden mit Luzerne und Pappeknäueln bepflanzt. Den niedrigsten Sickerwasseranfall wies die Variante mit Dichtschicht auf, während bei der Variante mit der geringmächtigsten Rekultivierungsschicht die höchsten Sickerwassermengen auftraten. Nach eineinhalbjähriger Versuchsdauer drangen die Luzernerwurzeln bereits in den Müllkörper vor und bewirkten dort eine leichte Austrocknung. Die Deponiegasbildung und somit die Redoxbedingungen im Müllkörper bestimmten das Auftreten unterschiedlicher Stickstoffverbindungen im Sickerwasser der einzelnen Lysimeterkammern.

Einleitung

Sickerwasser und gasförmige Emissionen (Methan) von Altablagerung bedeuten ein langfristiges Gefährdungspotenzial für die Umwelt. Abdichtungssysteme an der Oberfläche von Altablagerung oder geschlossenen Deponie sollen dabei das Eindringen von Niederschlagswasser weitgehend verhindern und somit auch den Austrag von Schadstoffen minimieren (BERGER, 2004). In jüngster Zeit wird allerdings die Beständigkeit der derzeit geforderten künstlichen Abdichtungssysteme (Kunststoffdichtungsbahn in Kombination mit einer mineralischen Dichtschicht) immer häufiger in Frage gestellt. EGLOFFSTEIN (2004) gibt für die Lebensdauer von HDPE Kunststoffdichtungsbahnen einen Zeitraum von 100 bis mehreren 100 Jahre an. Die abdichtende Funktion der mineralischen Dichtschicht wiederum kann durch Frosteinwirkung oder Austrocknung und dabei auftretender Rissbildung beeinträchtigt werden. In dieser Hinsicht kommt in letzter Zeit der Rekultivierungsschicht immer größere Bedeutung zu. Diese sollte nicht nur als reine Ab-

deckung zum Schutz der darunter liegenden Abdichtung und als Substrat für die Begrünung einer Deponieoberfläche dienen, sondern könnte durchaus bei entsprechender Ausführung in Kombination mit einer geeigneten Pflanzendecke regulierend in den Wasserhaushalt des jeweiligen Altstandortes eingreifen. Bei einem Versagen der "technischen Abdichtung" würde diese "Wasserhaushaltsschicht" (oft auch als Evapotranspirationsschicht bezeichnet) in weiterer Folge die Aufgabe der Sickerwasserminimierung übernehmen.

Durch Untersuchungen im Altlastenlysimeter der ARC Seibersdorf research GmbH wird daher der Frage nachgegangen, in welcher Weise durch eine entsprechende Gestaltung der Oberflächenabdeckung inklusive einer geeigneten Bepflanzung das Eindringen von Wasser in eine Altablagerung minimiert werden kann. Gleichzeitig kann durch eine geeignete Ausführung der Oberflächenabdeckung der Abbau von Methan in dieser Schicht gefördert und somit eine Verminderung von Gasemissionen aus einer Altablagerung erreicht werden (HUMER und LECHNER, 2001; REICHENAUER, 2001).

Um die Akzeptanz der Wasserhaushaltsschicht auch in Hinblick auf ökonomische Sachzwänge zu erhöhen, wurde bei den hier durchgeführten Untersuchungen bewusst auf örtlich vorhandene, kostengünstige Materialien sowie Recyclingstoffe zurückgegriffen.

Material und Methoden

Beim Altlastenlysimeter Seibersdorf handelt es sich um ein Schwerkraftlysimeter mit 4 einzelnen Kammern mit jeweils 4 m² Oberfläche und einer Höhe von 3 m. Nähere Angaben zum Altlastenlysimeter sind KRENN et al. (2002) bzw. WIMMER et al. (2004) zu entnehmen.

Autoren: Dr. Bernhard WIMMER, Reinhard NEUGSCHWANDTNER, Johann RIESING und Thomas G. REICHENAUER, ARC Seibersdorf research GmbH, Abteilung Umweltforschung, A-2444 SEIBERSDORF

Folgende 4 Varianten von Oberflächenabdeckungen werden im "Altlastenlysimeter" untersucht:

Variante A: Müll + Substratschicht (50 cm) + Bepflanzung

Variante B: Müll + Substratschicht (100 cm) + Bepflanzung

Variante C: Müll + mineralische Dichtschicht (2x25 cm) + Substratschicht + Bepflanzung

Variante D: "Diagenetisch inertisierter" Müll + Substratschicht (50 cm) + Bepflanzung

Die Höhe des Mülls beträgt jeweils 150 cm.

Die Befüllung der Lysimeterkammern erfolgte im April 2003. Insgesamt wird der Lysimeterversuch bis Herbst 2005 fortgeführt.

Das in das Altlastenlysimeter eingebrachte Müllmaterial wurde einer nahe gelegenen alten Hausmülldeponie entnommen. Das Alter des Mülls beträgt ca. 20 Jahre. Um vergleichbare Lagerungsverhältnisse des Mülls wie in der Entnahmedeponie zu erreichen, wurde das Müllmaterial mit einer leichten manuellen Verdichtung in die Lysimeterkammern eingebaut. Die mineralische Dichtschicht in Kammer C wurde in 2 Lagen zu je 25 cm über dem Müllkörper eingebracht. Jede Schicht wurde mit einer Rüttelplatte verdichtet. Die Messung des Durchlässigkeitsbeiwertes in der Dichtschicht mittels BAT - Sonden ergab im Mittel einen Wert von $5 \cdot 10^{-10}$ m/s. Den in der Deponieverordnung geforderten Durchlässigkeitsbeiwert von $< 10^{-9}$ m/s (in situ gemessen) wurde somit erreicht. Anfallendes Stauwasser über der Dichtschicht wird mittels perforierter Drainageschlauch aus der Kammer seitlich abgeleitet. Die anfallende Drainagewassermenge wird ebenfalls registriert.

Bei der Versuchsvariante "Diagenetischen Inertisierung" wurde der Müll mit Ton- und Kalkschlamm innig vermischt, um einerseits eine Reduktion der hydraulischen Leitfähigkeit des Müllkörpers zu erreichen sowie einen Schadstoffrückhalt durch Bindung an Tonmineralen zu gewährleisten (GLATZ und RINGHOFER, 2004). Der Einbau des auf diese Weise hergestellten Konditionats in die Lysimeterkammer erfolgte in Schichten von 25 cm Mächtigkeit, wobei jede

Schicht ebenfalls mittels Rüttelplatte verdichtet wurde.

Als Substrat für die Oberflächenabdeckung (=Wasserhaushaltsschicht) wurde das auf dem Altstandort vorhandene Abdeckungsmaterial im Verhältnis 1:1 mit Klärschlammkompost vermengt und ohne zusätzliche Verdichtungsmaßnahmen über den Müllkörper in die Lysimeterkammern eingebracht. Um Randwegigkeiten zu vermeiden, wurden ca. 5 cm breite, horizontale Keile aus Ton entlang der Kammerwände eingebracht, welche Sickerwasser von den Rändern wieder in die Kammermitte ableiten.

Sämtliche Varianten wurden mit einer Kombination aus Luzerne und Pappeln bepflanzt. Vor Einbau des untersuchten Materials in das Altlastenlysimeter wurden aus dem Müllmaterial und dem Substrat für die Oberflächenabdeckung repräsentative Proben gezogen und auf deren Gesamtgehalte und Eluatgehalte hin analysiert. Während des Versuches erfolgt eine kontinuierliche Erfassung der Sickerwassermenge. Sowohl das Sickerwasser als auch mittels Saugkerzen gewonnenes Bodenwasser wird in ca. zweimonatigen Abständen auf deren chemische Zusammensetzung und Schadstoffgehalte hin analysiert. In 4 verschiedenen Tiefen kann die Gaszusammensetzung im Müllkörper als auch in den Substratschichten ermittelt werden. Die Registrierung der Bodenfeuchte in den einzelnen Schichten erfolgt mit Hilfe von

Gipsblöcken (Watermark). Ebenfalls das Pflanzenwachstum (Höhe der Pflanzen, Blattflächenindex) sowie pflanzenphysiologische Parameter werden in regelmäßigen Abständen erhoben.

Da am Standort Seibersdorf mit geringen Jahresniederschlägen zu rechnen ist (im Mittel ca. 550 mm), werden die Lysimeterkammern zusätzlich beregnet, um für Österreich repräsentativere Niederschlagsverhältnisse zu simulieren.

Ergebnisse

Im Untersuchungszeitraum April 2003 bis Oktober 2004 betrug der Gesamtniederschlag inklusive der zusätzlich aufgebrachten Beregnung ca. 1440 mm, wobei der größere Anteil des Niederschlages vor allem bedingt durch die Beregnung im Verlauf der Sommerhalbjahre anfiel. Betrachtet man den Verlauf der Sickerwasserbildung in den einzelnen Lysimeterkammern (Abbildung 1), so fällt vor allem auf, dass die Variante mit mineralischer Dichtschicht (Kammer C) sich am stärksten von den übrigen Varianten unterscheidet. Bis zum Dezember 2003 fielen aus dieser Kammer nur sehr geringe Sickerwassermengen an. Erst ab diesem Zeitpunkt wurde auch aus dieser ein stärkerer Sickerwasseraustritt registriert. Relativ bezogen auf den Gesamtniederschlag (inklusive Beregnung) fielen bis zum Oktober 2004 in Kammer A 27 % der Niederschlagsmenge als Sickerwasser an, in Kammer B

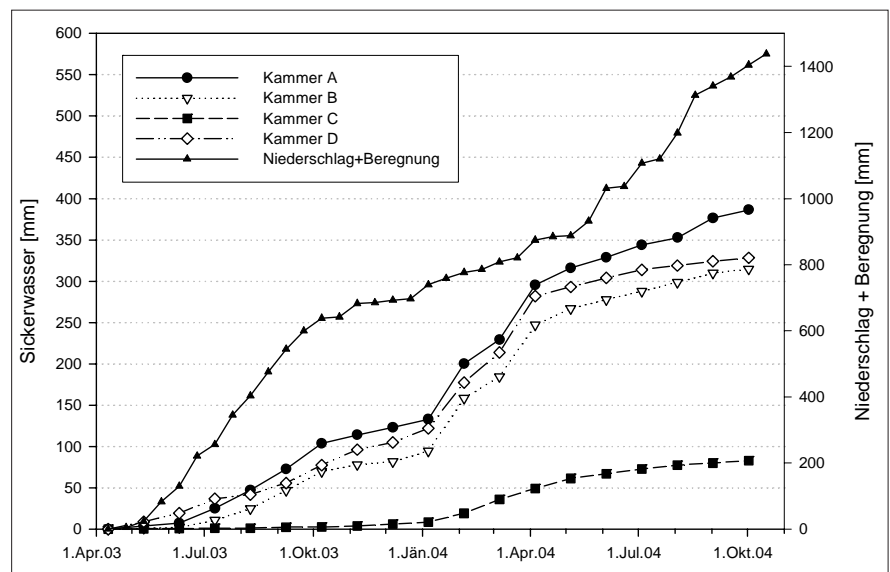


Abbildung 1: Kumulativer Sickerwasseranfall aus den 4 Kammern des Altlastenlysimeters sowie Niederschlag inklusive Beregnung im Zeitraum April 2003 bis Oktober 2004.

Tabelle 1: Angefallene Sickerwassermengen und Niederschlagsmengen während der Vegetationsperioden 2003 und 2004 sowie während des Winterhalbjahres 2003/2004

	Kammer A [mm]	Kammer B [mm]	Kammer C [mm]	Kammer D [mm]	Niederschlag [mm]
Apr. 03 bis Sep. 03	99	66	3	74	610
Okt. 03 bis Apr. 04	191	177	45	204	251
Apr. 04 bis Sep. 04	95	72	36	50	528

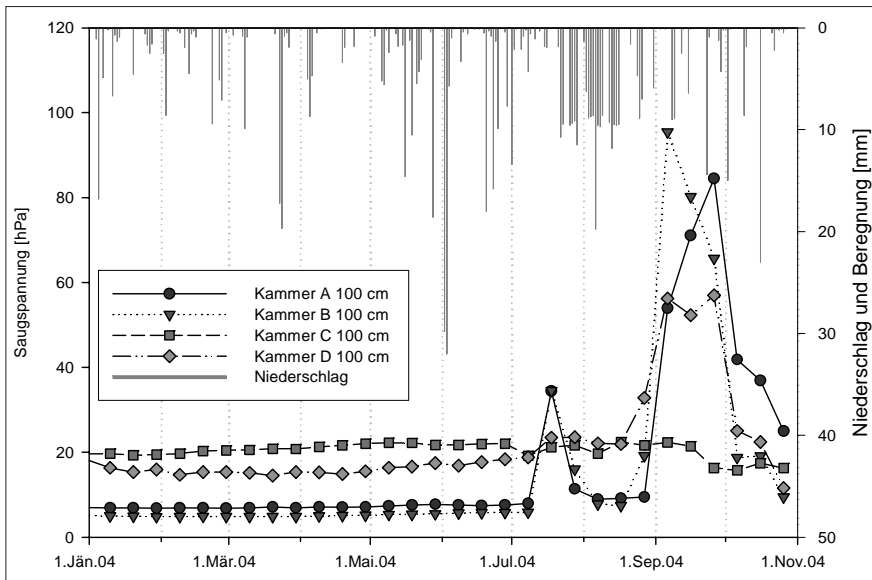


Abbildung 2: Saugspannungsverlauf in den Lysimeterkammern in 100 cm Tiefe und Niederschlag

22 %, in Kammer C 6 % und in Kammer D 23 %.

Erwartungsgemäß erfolgte eine höhere Sickerwasserbildung im Winterhalbjahr 2003/2004 im Vergleich zu den Vegetationsperioden 2003 und 2004 (s. Tabelle 1). In den Kammern A, B und D ist dabei der Sickerwasseranfall im Winterhalbjahr doppelt so hoch wie während der Vegetationsperiode, obgleich in den Sommerhalbjahren 2003 und 2004 vor allem auf Grund der zusätzlichen Bewässerung eine mehr als doppelt so hohe Niederschlagsmenge anfiel. Für Kammer C kann diesbezüglich noch keine Aussage getroffen werden, da bei dieser Variante erst ab Jänner 2004 eine nennenswerte Sickerwasserbildung einsetzte. Vergleicht man die beiden bisher erfassten Vegetationsperioden miteinander, so erkennt man, dass in Kammer A und B in diesen Zeiträumen eine fast idente Sickerwasserbildung stattfand, während in Kammer D im Sommerhalbjahr 2004 eine Reduktion der Sickerwasserbildung um ca. ein Drittel im Vergleich zu 2003 registriert wurde.

Die Messung der Saugspannung mittels Gipsblöcke ist zwar weniger exakt als dies mittels Tensiometermessungen möglich wäre, ein Vorteil ist allerdings deren Robustheit unter schwierigen Einsatzbedingungen. So kam es bis zum jetzigen Versuchszeitpunkt trotz extremer Umgebungsbedingungen (Verdichtung beim Einbau, Müllmatrix) zu keinen Ausfällen bei den Gipsblockmessungen. Der Bereich der Saugspannungsmessung ist nach oben hin laut Herstellerangabe mit ca. 2000 hPa begrenzt. Diese Grenze wurde vor allem im Sommer 2004 während warmer, trockener Witterungsbedingungen in den Abdeckschichten der Lysimeterkammern des öfteren überschritten, wobei diese Bodenfeuchteschwankungen am stärksten in der Oberflächenabdeckung der Kammer A zu beobachten waren. Interessant ist nun wie sich der Feuchteverlauf in größerer Tiefe, im Bereich des Müllkörpers, entwickelte. In *Abbildung 2* sind der Verlauf der Saugspannung gemessen mittels Gipsblöcken in den einzelnen Lysimeterkammern in 100 cm Tiefe sowie die täglichen Niederschlagswerte (inklusive

Beregnung) dargestellt. Von Versuchsbeginn bis Anfang Juli 2004 waren keine wesentlichen Feuchteveränderungen in 100 cm Tiefe (bei den Kammern A, C und D im Müllkörper, bei Kammer B am Übergang vom Substrat zum Müll) festzustellen. Erstmals nach 2 Trockenperioden im Juli und August 2004 war ein Anstieg der Saugspannung in den Kammern A, B und D zu beobachten, während dies in Kammer C (Variante mit Dichtschicht) nicht registriert wurde. An seitlich in die Lysimeterkammern eingebauten Sichtfenstern konnte beobachtet werden, dass zu diesem Zeitpunkt in Kammer A Pflanzenwurzeln bereits eine Tiefe von 1,3 m und in Kammer B und D eine Tiefe von ca. 1 m erreicht haben. In Kammer C hingegen konnten bis zum jetzigen Untersuchungszeitpunkt im Sichtfensterbereich (0,6 m bis 2,5 m Profiltiefe) keine Wurzeln registriert werden.

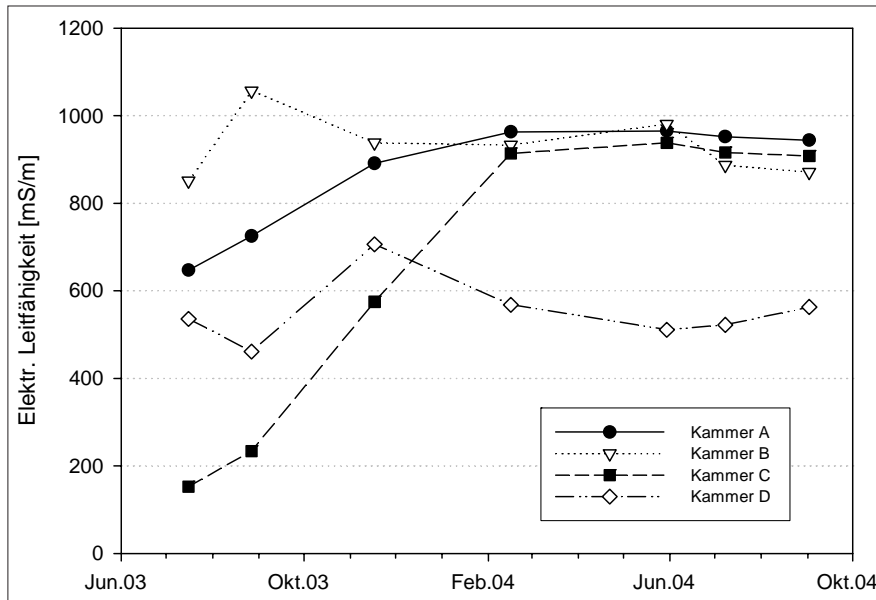
Die Zusammensetzung bzw. das Risikopotential von Hausmüll ist meist nicht durch hohe Gehalte einzelner Schadstoffe charakterisiert, sondern durch eine Vielzahl an Inhaltsstoffen, welche meist mittels Analyse von Summenparameter, wie z.B. TOC, Gesamtstickstoff oder elektrische Leitfähigkeit des Eluats zusammengefasst werden (NIENHAUS, 2001). In *Tabelle 2* sind die Gesamtgehalte ausgewählter Schadstoffe des in dieser Untersuchung verwendeten Mülls sowie des verwendeten Oberflächenabdeckmaterials angeführt. Auffällig ist, dass sich die Gesamtgehalte des Mülls von denen des Substrats der Oberflächenabdeckung nicht gravierend unterscheiden. Das Müllmaterial weist etwas höhere Schwermetallgesamtgehalte auf als das Substrat der Oberflächenabdeckung. Insgesamt sind die Gehalte an Schwermetallen als unauffällig zu betrachten.

Die Zusammensetzung der Sickerwässer aus den einzelnen Lysimeterkammern liegt für viele Parameter im Bereich der mittleren Werte von Sickerwässer österreichischer Hausmülldeponien (WATZINGER et al., 2003). So weisen z.B. die Sickerwässer österreichischer Hausmülldeponien bei Analysen aus den Jahren 1990 bis 2000 einen mittleren Wert der Elektrischen Leitfähigkeit von 1080 mS/m auf. Nach einer Equilibrationszeit von ca. einen halben Jahr nach Befül-

Tabelle 2: Ausgewählte Feststoffgesamtgehalte des Mülls sowie des für die Oberflächenabdeckung verwendeten Substrats

	WG % FS	GV (550°C)	TOC	N ges g/kg TS	Ca	K	Mg	Na	Σ KW	Σ PAK (EPA 16)	Cu mg/kg TS	Hg	Pb	Zi
Müll	22.6	81	33.8	2.0	130	3.6	18.2	0.96	322	2.6	91	0.6	86	362
Substrat	20.3	105	42.9	4.8	155	3.6	16.9	0.62	566	1.45	67	0.3	25	228

(WG = Wassergehalt in Gewichtsprozent bezogen auf die Feuchtsubstanz; GV = Glühverlust bei 550°C; TOC = gesamter organisch gebundener Kohlenstoff; N ges = Gesamtstickstoff; Σ KW = Summe Kohlenwasserstoffe; Σ PAK = Summe von 16 polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen nach EPA)

**Abbildung 3: Entwicklung der Elektrischen Leitfähigkeit in den Sickerwässern der einzelnen Lysimeterkammern**

lung der Kammern pendelte sich in den Kammern A, B und C die Elektrische Leitfähigkeit bei Werten zwischen 870 mS/m und 980 mS/m ein (Abbildung 3). Die Elektrische Leitfähigkeit des Sickerwassers aus Kammer D liegt auf etwas niedrigerem Niveau bei ca. 600 mS/m. Dies ist höchstwahrscheinlich auf die immobilisierende Wirkung der Inertisierung des Mülls dieser Kammer zurückzuführen.

Im Vergleich mit dem durchschnittlichen "Chemischen Sauerstoffbedarf" (CSB) von Sickerwässern österreichischer Hausmülldeponien (WATZINGER et al. 2003) weisen die Sickerwässer aus den Lysimeterkammern niedrigere CSB - Werte auf. Dies dürfte mit dem höheren Alter des in die Lysimeterkammern eingebrachten Mülls zusammenhängen. Bei den Parametern zum Stickstoffhaushalt der Lysimeterkammern spiegeln sich deren Gashaushalt bzw. deren Redoxbedingungen wider. So wurde bis zum jetzigen Untersuchungszeitpunkt in Kammer A kein Methan registriert, während

in den übrigen Kammern Methangehalte bis über 60 Vol-% in den Müllkörpern auftraten. Kammer D zeigte eine hohe zeitliche Variabilität bezüglich Zusammensetzung des gebildeten Deponiegases (starke Schwankungen des Methangehaltes). Dementsprechend tritt im eher oxidierenden Milieu der Kammer A der Stickstoff im Sickerwasser in Form von Nitrat auf, bei den eher reduzierenden Bedingungen in den Kammern B und C hingegen nur in Form von Ammonium. Bei Kammer D war zu 2 Messzeitpunkten sowohl Ammonium als auch Nitrat im Sickerwasser feststellbar.

Vorläufige Schlussfolgerungen

Wie erwartet wirken sich die unterschiedlichen Oberflächenabdeckungen auf den Wasserhaushalt der Lysimeterkammern stark aus. Da das für die Oberflächenabdeckung eingesetzte Substrat eine relativ geringe Speicherleistung aufweist, dringt in den Kammern A, B und

D das anfallende Niederschlagswasser vor allem im Winterhalbjahr rasch in den Müllkörper ein. Nur in Kammer C bewirkt die mineralische Dichtschicht einen Rückstau und somit eine längere Verfügbarkeit des Bodenwassers für die Vegetation in der Abdeckschicht. Allerdings kann auch die Oberflächenabdeckung der Kammer C nicht als "dicht" bezeichnet werden, da auch bei dieser Variante vor allem in der Vegetationsperiode 2004 ein starker Anstieg der Sickerwasserraten feststellbar war. Dies deckt sich auch mit Beobachtungen von DREXLER (2001), welcher an bayerischen Deponien, die mit einer mineralischen Dichtschicht abgedichtet waren, einen Sickerwasseranteil zwischen 6 % und 19 % des Gesamtniederschlags ermittelt hat. Eine wesentliche Reduktion der Sickerwassermenge kann nur erfolgen, wenn ein möglichst großer Anteil des Winterniederschlags in der Oberflächenabdeckschicht gespeichert werden kann. Es ist daher für die Herstellung von Oberflächenabdeckungen von Altablagerungen und Deponien anzustreben, Bodenmaterial mit einer möglichst hohen Speicherleistung in einer entsprechenden Mächtigkeit einzusetzen. Eine häufig beobachtete starke Erhöhung der Sickerwasserraten vor allem in den Kammern A und D nach stärkeren Niederschlägen lässt auf bevorzugte Fließwege des Bodenwassers vor allem im Müllkörper schließen, wie sie auch von DÖBERL (2004) vermutet werden. Darauf wird im weiteren Versuchsverlauf mit Hilfe von Tracerexperimenten noch näher eingegangen werden. An Hand der Saugspannungsschwankungen in 1 m Profiltiefe kann vermutet werden, dass ein Eindringen von Pflanzenwurzeln in den Müllkörper bereits in der 2. Vegetationsperiode nach Versuchsbeginn stattgefunden hat. Es wird daher in weiterer Folge auch darauf eingegangen, ob durch die Durchwurzelung des Mülls eine ra-

schere Umsetzung und Humifizierung der organischen Substanz im Müll bewirkt wird.

Die bisherigen Ergebnisse zum Gashaushalt und zur Zusammensetzung der Sickerwässer zeigen auf, dass mit Hilfe von entsprechenden Lysimeterexperimenten die in Altablagerungen stattfindenden Prozesse durchaus realitätsnahe nachvollzogen werden können.

Literatur

- BERGER, K., 2004: Anwendungen des Wasserhaushaltsmodells HELP. In: Zeitgemäße Deponietechnik 2004, Stuttgarter Berichte zur Abfallwirtschaft, Bd. 81.
- DÖBERL, G. und J. FELLNER, 2004: Was Hochschwab und Rautenweg gemeinsam haben - zur Hydrogeologie von Hausmülldeponien. In: DEPOTECH 2004 - Konferenzbericht der 7. Depotech Fachtagung, Leoben, Nov. 2004.
- DREXLER, K., 2001: Überprüfung der Wirksamkeit von mineralischen Oberflächenabdichtungen in Bayern. In EGLOFFSTEIN (Hrsg.): Oberflächenabdichtung von Deponien und Altlasten 2001, Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, Band 122. Erich Schmidt Verlag, 2001.
- GLATZ, K. und J. RINGHOFER, 2004: eco-landfill: Innovatives Verfahren zur nachhaltigen Immobilisierung von Abfällen und zur Altlastensanierung. In: DEPOTECH 2004 - Konferenzbericht der 7. Depotech Fachtagung, Leoben, Nov. 2004.
- HUMER, M. and P. LECHNER, 2001: Compost Covers as a Measure for Minimisation of Methane Emissions and Leachate from Landfills. In: Proceedings of the International Conference ORBIT 2001 on Biological processing of waste: a product-orientated perspective Part I, 187-192.
- KRENN, A., W. FRIESL und M.H. GERZABEK, 2002: Das Altlastenlysimeter Seibersdorf - Testung der Wirksamkeit von on site Sanierungsmethoden. In: DEPOTECH 2002 - Konferenzbericht der 6. Depotech Fachtagung, Leoben, Nov. 2002.
- NIENHAUS, U., 2001: Bewertungshilfe für Deponien. In EGLOFFSTEIN (Hrsg.): Oberflächenabdichtung von Deponien und Altlasten 2001, Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, Band 122. Erich Schmidt Verlag, 2001.
- REICHENAUER, T., 2001: Deponiebegrünung - Entwicklung einer Pflanzendecke zur Optimierung der biologischen Methanoxidation und Minimierung der Sickerwassermengen, Endbericht OEFZS-UL-0162.
- WATZINGER, A., W.E.H. BLUM and M.H. GERZABEK, 2003: Solid Waste Landfill Leachate in Austria - Irrigation of Landfill Covers. Wasser & Boden, 55/7+8, S. 127-132.
- WIMMER, B., R. NEUGSCHWANDTNER, A. KRENN, J. RIESING und T. REICHENAUER, 2004: Lysimeteruntersuchungen zum Einfluss verschiedener Abdecksysteme auf den Wasserhaushalt von Altablagerungen. In: Untersuchungen zur Sickerwasserprognose, GSF - Bericht 02/04, 147 - 149. Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit.

Die Entwicklung alternativer Oberflächenabdeckungen ist ein Teil des Projektes INTERLAND, welches aus Mitteln des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft gefördert wird.

